

PEMANTAUAN KANDUNGAN ORTOFOSFAT SEBAGAI PARAMETER  
PENGENDALIAN KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS<sup>\*</sup>  
oleh:

Diyah Erlina Lestari, Setyo Budi Utomo, Sunarko<sup>\*\*</sup>

**ABSTRAKS**

**PEMANTAUAN KANDUNGAN ORTOFOSFAT SEBAGAI PARAMETER PENGENDALIAN KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS.** Sistem Pendingin sekunder RSG-GAS merupakan sistem air pendingin sirkulasi ulang terbuka. Salah satu permasalahan pada sistem air pendingin sirkulasi ulang terbuka adalah korosi. Untuk mengendalikan korosi pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS dengan menambahkan inhibitor korosi berbahan dasar senyawa fosfat. Inhibitor korosi adalah bahan kimia yang ditambahkan dalam jumlah tertentu sehingga menghambat terjadinya korosi. Oleh sebab itu sebagai parameter pengendalian korosi pada sistem pendingin sekunder dilakukan pemantauan terhadap kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder. Kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer DR/2400 merk Hach . Dari hasil pemantauan menunjukkan bahwa kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder berfluktuasi berkisar 9,45 ppm – 16,36 ppm dan dengan diketahuinya kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder dapat digunakan sebagai kontrol dosis inhibitor korosi yang ditambahkan pada sistem pendingin sekunder

Kata Kunci: Ortofosfat. Pengendalian Korosi

**ABSTRACT**

**ORTOFOSFAT MONITORING AS A CORROSION CONTROL AT RSG-GAS SECONDARY COOLING SYSTEM.** The RSG-GAS secondary cooling system is open recirculation cooling water. One of the problem at the recirculation open cooling water system is corrosion. To control corrosion in the RSG-GAS secondary cooling system by addition of corrosion inhibitor based on the phosphate compound. The inhibitor corrosion is chemicals compound which is added on a constant amount to be inhibit the corrosion. To monitoring orthophosphate content in secondary cooling water by using DR/2400 Hach.spectrophotometer is parameter control of corrosion in secondary cooling system. The result shows that the orthophosphate content in secondary cooling system is in 9,45 to 16,36 ranges and have been known of orthophosphate content in secondary cooling water can be control of corrosion inhibitor dose adding to the secondary cooling system.

Key word : Orthophosphate, Corrosion control

\*) Disajikan pada seminar Pranata Nuklir Serpong

\*\*\*) Staf Pranata Nuklir PRSG

## PENDAHULUAN

Sistem pendingin sekunder adalah tempat pembuangan panas yang terakhir dari reaktor. Panas yang terbentuk pada sistem pendingin primer dipindahkan ke sistem sekunder melalui alat penukar panas dan akhirnya dibuang ke atmosfer melalui menara pendingin. Pada sistem pendingin sekunder pipa dan katup yang berada di luar gedung reaktor terbuat dari bahan *carbon steel* (baja karbon) sedangkan pipa dan katup di dalam gedung reaktor terbuat dari bahan *stainless steel* (baja tahan karat). Sebagai media pembawa panas pada sistem pendingin sekunder digunakan air yang berasal dari PAM PUSPIPEK.

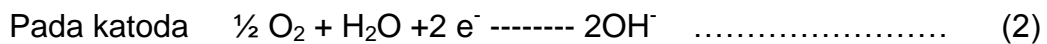
Korosi merupakan salah satu permasalahan yang tidak dapat dihindari pada sistem pendingin reaktor yang memanfaatkan air sebagai media perpindahan panas terlebih lagi untuk pendingin tipe sirkulasi ulang terbuka yang bersentuhan langsung dengan lingkungan. Di RSG-GAS untuk mengendalikan korosi pada sistem pendingin sekunder dilengkapi sistem penambahan inhibitor korosi.

Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan dalam jumlah tertentu kedalam suatu lingkungan, secara berkesinambungan atau berkala akan dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Oleh karena itu jumlah inhibitor korosi yang berada pada sistem pendingin sekunder perlu dijaga agar efektifitas kinerja inhibitor korosi tetap terpenuhi. Inhibitor korosi yang digunakan pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS mengandung bahan dasar asam fosfat. Pada umumnya senyawa fosfat dalam air dalam bentuk ortofosfat, oleh karena itu sebagai parameter pengendalian korosi pada sistem pendingin sekunder perlu adanya penentuan kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder. Kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer DR/2400 Hach. Dengan mengetahui kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder dapat digunakan sebagai kontrol dosis inhibitor korosi yang ditambahkan pada sistem pendingin sekunder.

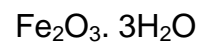
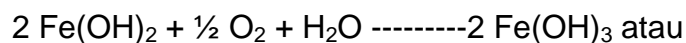
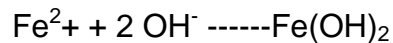
## TEORI

Korosi merupakan salah satu proses pengrusakan logam atau penurunan kualitas suatu bahan logam oleh suatu reaksi kimia atau elektrokimia sebagai akibat interaksi antara logam dengan lingkungannya. Korosi pada logam secara umum timbul sebagai hasil dari reaksi elektrokimia yang diakibatkan oleh adanya elektrolit-elektrolit yang bersentuhan dengan permukaan logam. Biasanya proses korosi logam berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah anoda dan katoda. Pada daerah anoda terjadi proses oksidasi sedang pada daerah katoda terjadi proses reduksi.

Pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS pipa dan katup terbuat dari baja karbon. Bila baja karbon kontak dengan air, maka pada permukaannya akan terbentuk titik-titik dengan beda potensial lebih rendah (anoda lokal) dan titik dengan potensial lebih tinggi (katoda lokal). Hal ini disebabkan karena permukaan baja yang tidak rata. Maka suatu reaksi elektrokimia akan terjadi :

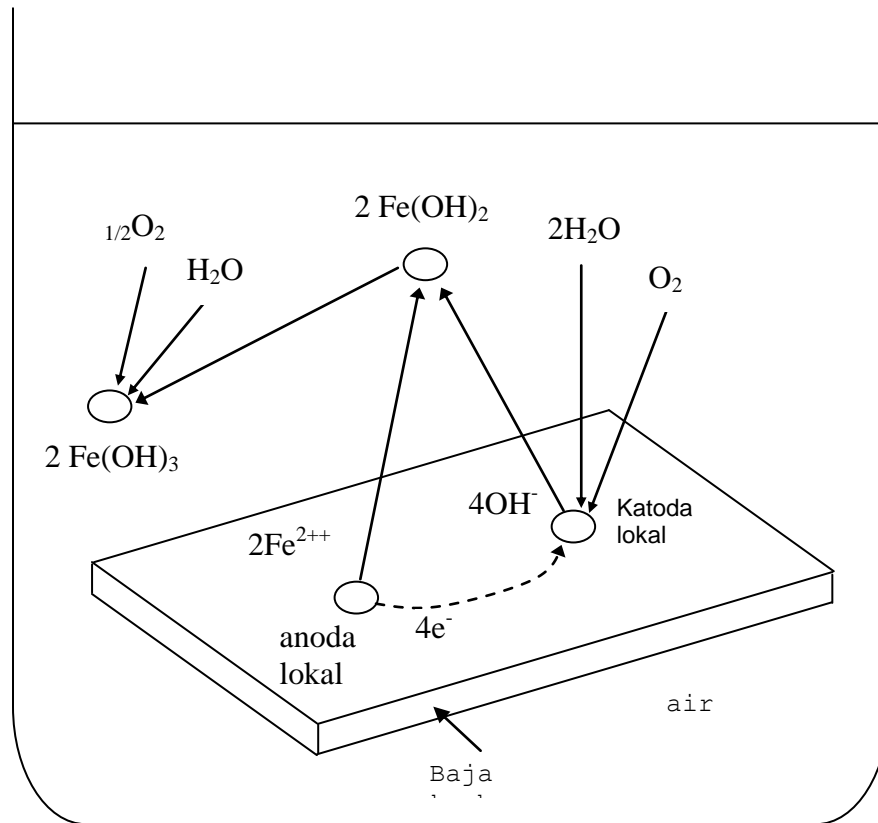


Reaksi utama pada katoda adalah reduksi oksigen yang dinyatakan pada reaksi (2) karena air pendingin biasanya netral atau basa lemah dan memiliki ion H rendah. Apabila air tersebut mengandung oksigen terlarut maka reaksi akan berlanjut :



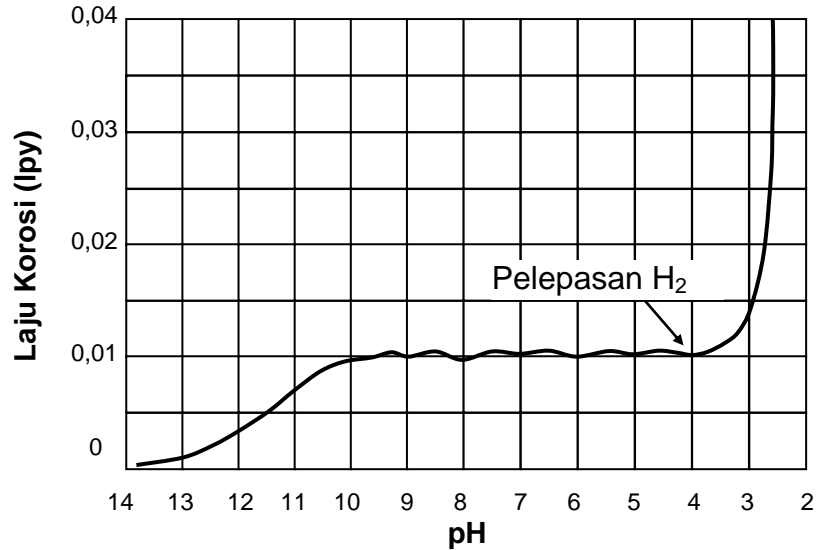
Apabila permukaan baja karbon kontak dengan air yang mengandung oksigen terlarut, reaksi-reaksi korosi diatas akan berlangsung.

Skema reaksi korosi pada baja karbon dapat digambarkan seperti yang terlihat dibawah ini :



Gambar 1. Skema reaksi korosi pada baja karbon<sup>[1]</sup>

Korosi baja karbon dalam air dipengaruhi oleh temperatur, laju alir dan pH,. Namun keasaman relatif air adalah faktor yang sangat diperhitungkan. Pada pH rendah keberadaan ion hidrogen menyebabkan film pelindung korosi tidak terbentuk. Tetapi dalam suasana alkalin, pembentukan film yang terjadi dapat mengurangi laju korosi. Pengaruh pH pada laju korosi besi di dalam air pada temperatur ruang dapat di lihat pada Gambar 2.

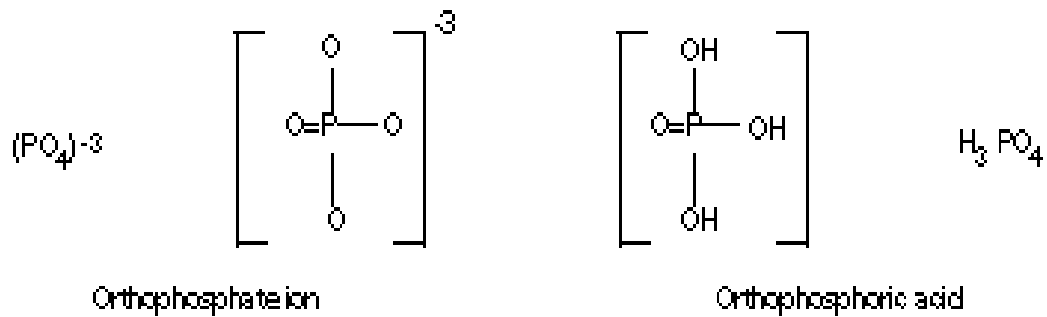


Gambar 2. Pengaruh pH pada laju korosi besi di dalam air pada temperatur ruang<sup>[6]</sup>

Dari Gambar 2. terlihat bahwa di daerah pH 4~10 laju korosi tetap tidak mengalami kenaikan yang berarti. Hal ini karena pada daerah tersebut di permukaan baja terbentuk oksida logam yang berfungsi sebagai pasivator. Pada daerah pH < 4, lapisan oksida logam larut membentuk ion sehingga terjadi kenaikan laju korosi, pada daerah pH > 10, terjadi pembentukan oksida logam yang semakin banyak sehingga baja terlindungi dari korosi. Hal ini yang menyebabkan penurunan laju korosi.

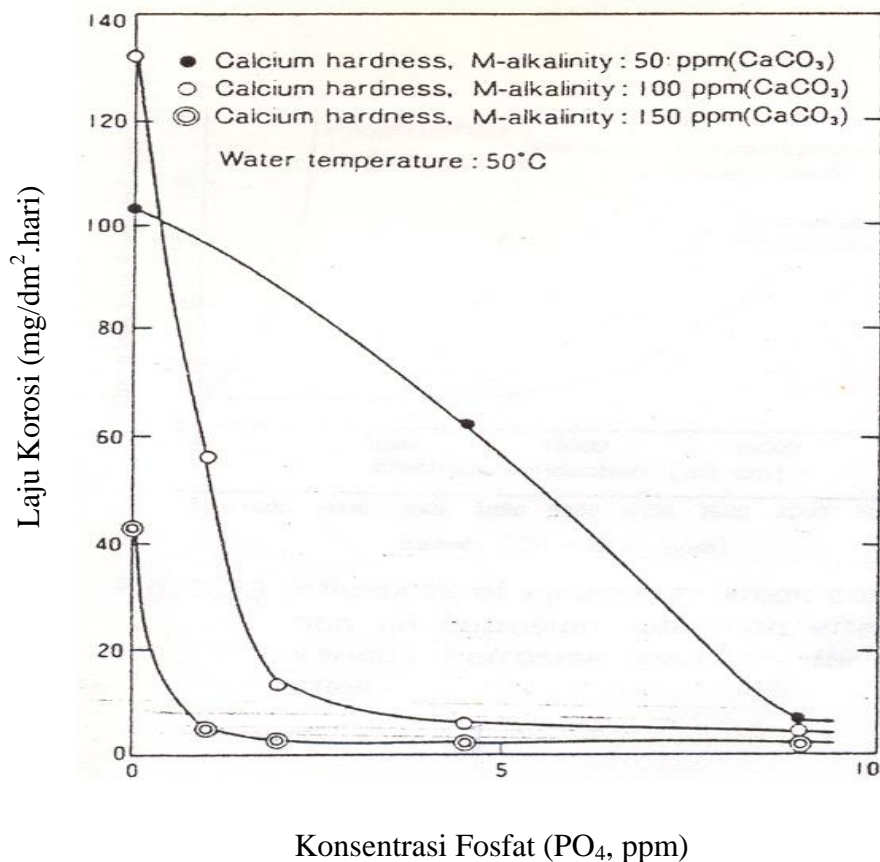
### ORTOFOSFAT SEBAGAI PENGHAMBAT KOROSI

Ortofosfat banyak digunakan sebagai penghambat korosi pada sistem air pendingin terbuka. osfat dalam air umumnya terbentuk sebagai  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$ . Ortofosfat merupakan monomer dari asam fosfat dengan struktur kimia seperti diperlihatkan sebagai berikut :



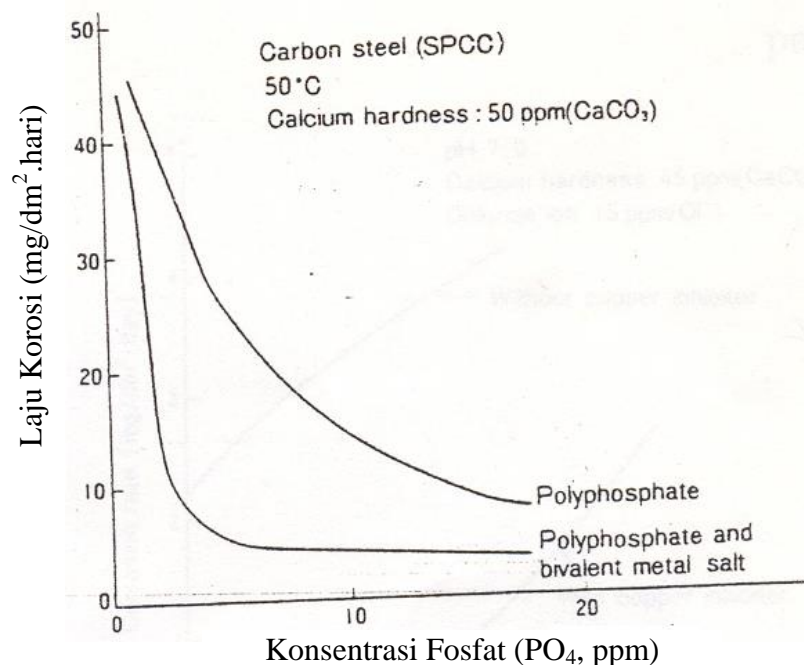
Gambar 3. Struktur Ortofosfat<sup>[4,9]</sup>

Ortoposfat merupakan penghambat korosi tipe endapan. Secara umum senyawa fosfat menunjukkan kemampuan penghambatan korosi yang baik dengan adanya ion-ion bivalen seperti ion-ion kalsium. Hubungan antara kemampuan penghambatan korosi dari fosfat pada baja karbon dan kesadahan kalsium dalam air dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Kemampuan Inhibitor Korosi dari Fosfat pada Baja Karbon dan Kesadahan Kalsium dalam Air<sup>[11]</sup>

Dari gambar 4 terlihat bahwa pada air yang kesadahan kalsiumnya rendah (dibawah 50 ppm sebagai  $\text{CaCO}_3$ ), untuk memperoleh suatu hasil penghambatan korosi, diperlukan dosis fosfat yang lebih tinggi sedangkan dosis yang lebih rendah telah mencukupi untuk air yang kesadahan kalsiumnya tinggi (diatas 150 ppm sebagai  $\text{CaCO}_3$ )<sup>[1]</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan pelindung lebih mudah terbentuk pada permukaan logam dengan penggabungan fosfat dan ion-ion kalsium pada air dengan kesadahan kalsium yang tinggi. Oleh karena itu biasanya beberapa jenis bahan kimia dipakai secara gabungan untuk meningkatkan kemampuan penghambat terhadap korosi seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Inhibitor Korosi dari Gabungan Fosfat dengan Garam Logam Bivalent<sup>[1]</sup>

Gambar 5 memperlihatkan bahwa kemampuan inhibitor korosi dari fosfat yang digabung dengan garam logam bivalent meningkatkan hasil penghambatan korosi dibandingkan dengan yang hanya menggunakan fosfat saja. Atau dapat dikatakan bahwa laju korosi lebih rendah bila menggunakan inhibitor korosi dari fosfat yang digabung dengan garam logam bivalent daripada inhibitor yang hanya menggunakan fosfat saja.

Proses pengendalian korosi pada baja karbon yang menggunakan bahan dasar gabungan fosfat-garam bivalen tergantung pada temperatur air. Inhibitor korosi gabungan fosfat-garam bivalen mempunyai penghambatan korosi yang baik pada selang temperatur 30<sup>o</sup> sampai 80<sup>o</sup>C

## TATA KERJA

### Bahan dan Alat

- Air pendingin sekunder RSG-GAS
- *Reagent* untuk penentuan kandungan ortofosfat yang terdiri dari larutan HCl 1:1 ; larutan TP-2 dan larutan XP-2
- Spektrofotometer DR 2400
- *Sample cell* ukuran 25 ml

## CARA KERJA

1. Mengambil air pendingin sekunder sebagai larutan cuplikan
2. Menuang 25 mL larutan cuplikan ke dalam *Sample cell* dan 25 mL larutan cuplikan ke dalam *sample cell* yang lain sebagai larutan blanko
3. Menambahkan 2 ml HCl 1:1 ke dalam *Sample cell* yang berisi larutan blanko, dan menambahkan 2 ml larutan TP-2 pada *Sample cell* yang berisi larutan cuplikan , kemudian dikocok
4. Menambahkan 14 tetes (2 ml) larutan XP-2 pada larutan blanko dan larutan cuplikan
5. Dilakukan pengocokkan hingga warna larutan berubah dari bening menjadi biru dan ditunggu hingga 10 menit
6. Mengukur kandungan ortofosfat dengan menekan program Penentuan ortofosfat <sup>[2]</sup>
7. Hasil pengukuran dicatat sebagai data pengamatan

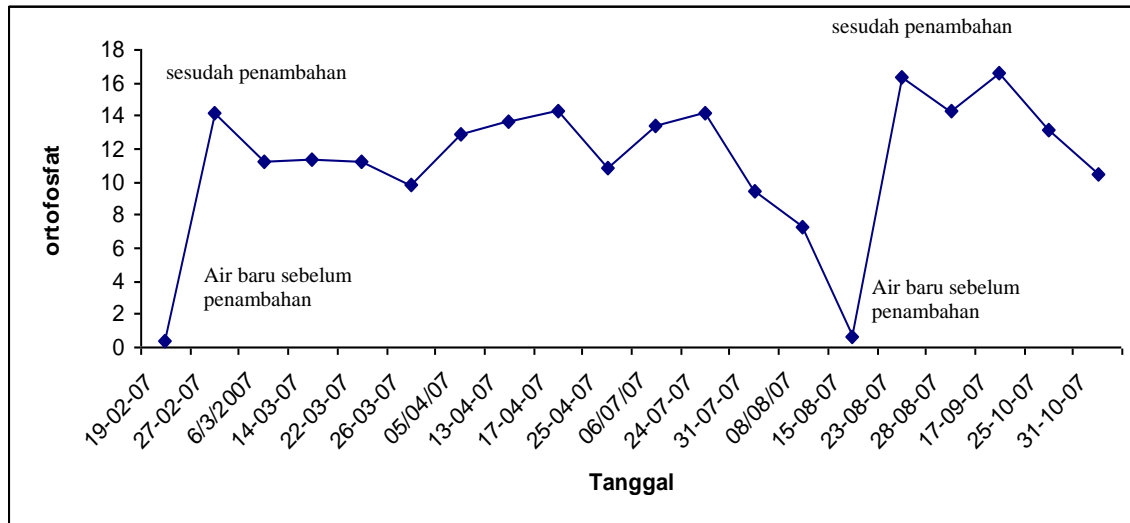


## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengendalian Korosi pada sistem pendingin sekunder dilakukan dengan menambahkan inhibitor korosi. Sebagai kontrol penambahan inhibitor korosi adalah pemantauan terhadap kandungan Ortofosfat dalam air pendingin sekunder. Hasil Pemantauan Kandungan Ortofosfat dalam air pendingin sekunder selama Februari hingga Oktober 2007 ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 6.

Tabel 1. Data hasil pemantauan kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder selama Februari hingga Oktober 2007

No	Tanggal	Kandungan Ortofosfat (ppm)	KETERANGAN
1.	19-02-07	0.41	<i>Suhtdown</i> air baru sebelum ditambah inhibitor korosi
2.	27-02-07	14.15	setelah + inhibitor korosi (5 pail)
3.	06-03-07	11.25	Operasi
4.	14-03-07	11.3	<i>Shutdown</i>
5.	22-03-07	11.225	<i>Suhtdown</i>
6.	26-03-07	9.8	operasi
7.	05-04-07	12.93	Operasi tgl 28-03-08 + inhibitor korosi (3 pail)
8.	13-04-07	13.63	tgl 10-04-08 + inhibitor korosi (2 pail)
9.	17-04-07	14.325	Operasi, + inhibitor korosi (2 pail)
10.	25-04-07	10.8	Operasi t tgl 23-04-08 + inhibitor korosi (1 pail)
11.	06-07-07	13.43	<i>shutdown</i> , siap operasi
12.	24-07-07	14.15	tgl 16-07-08 + inhibitor korosi (3 pail) operasi
13.	31-07-07	9.45	operasi 15 mw
14.	15-08-07	0.66	<i>shutdown</i> air baru sebelum ditambah inhibitor korosi
15.	23-08-07	16.36	tgl 20-08-08 + inhibitor korosi (6 pail)
16.	28-08-07	14.3	Operasi
17.	17-09-07	16.35	operasi, setelah + inhibitor korosi (3 pail)
18.	25-10-07	13.2	operasi
19.	31-10-07	10.45	operasi 15 mw



Gambar 6. Grafik kandungan ortofosfat vs waktu

Dari Tabel 1 dan Gambar 6 terlihat bahwa kandungan ortofosfat pada tanggal 19 februari 2007 sangat rendah tetapi kemudian terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 27 Februari 2007. Hal ini disebabkan karena pada tanggal 10 Februari 2007 telah dilakukan pengosongan *cooling tower* guna perawatan dan kemudian dilakukan pengisian kembali sehingga data pada tanggal 19 februari 2007 merupakan data kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder dalam kondisi air baru sebelum penambahan inhibitor korosi, sedang data tanggal 27 Februari 2007 terjadi kenaikan yang signifikan, hal ini disebabkan karena pada tanggal 23 Februari 2007 telah dilakukan penambahan inhibitor korosi. Hal yang sama terlihat pada data bulan Agustus 2007. Dari tabel terlihat bahwa kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder pada tanggal 15 Agustus 2007 sangat rendah dan mengalami kenaikan yang signifikan pada tanggal 23 Agustus 2007. Apabila dilihat secara keseluruhan dari Tabel 1 dan Gambar 6 terlihat bahwa kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder berfluktuasi berkisar 9,45 –16,36 hal ini disebabkan karena penambahan inhibitor korosi pada pendingin sekunder dilakukan secara manual. Kenaikan kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder terjadi setelah penambahan inhibitor korosi. Sedangkan penurunan kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder disebabkan karena adanya penguapan dan percikan air pendingin sekunder. Pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS hilangnya air karena

percikan dan penguapan dikompensasi dengan penambahan air secara otomatis. Sehingga kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder berfluktuasi. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan dalam jumlah tertentu kedalam suatu lingkungan akan menghambat terjadinya korosi. Oleh karena itu jumlah inhibitor korosi yang berada pada sistem pendingin sekunder perlu dijaga agar efektifitas kinerja inhibitor korosi tetap terpenuhi. Inhibitor korosi yang perlu ditambahkan pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS sebanyak 100 ppm sedangkankan kandungan ortofosfat yang dipersyaratkan dalam air sekunder sebesar 10 -20 ppm.<sup>[3 ]</sup> Sehingga perlu adanya penambahan inhibitor korosi pada sistem pendingin secara kontinyu . Seperti terlihat dalam Tabel 1 bahwa kandungan ortofosfat pada tanggal 26 Maret 2007 sudah berada pada batas minimnya yang dipersyaratkan, Oleh karena itu pada tanggal 28 Maret 2007 dilakukan penambahan inhibitor korosi pada sistem pendingin sekunder sehingga kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder mengalami kenaikan. Dengan demikian dosis inhibitor korosi yang berada pada sistem pendingin sekunder tetap terpenuhi.

Inhibitor korosi pada sistem air pendingin bersifat larut di dalam air, akan tetapi membentuk lapisan yang tidak larut pada permukaan logam. Lapisan ini disebut lapisan pelindung dan akan menghambat reaksi korosi. Ortofosfat merupakan inhibitor korosi tipe endapan khusus, bersenyawa dengan ion-ion kalsium di dalam air serta ion-ion seng yang ditambahkan sebagai penghambat korosi, membentuk lapisan pelindung yang tidak larut dalam air pada permukaan logam, dan menunjukkan penghambatan korosi. Sebagai lapisan pelindung yang terutama terbentuk dari kalsium fosfat, akan mudah terbentuk pada lingkungan yang bersuasana basa. Lapisan tersebut terutama terbentuk pada katoda-katoda setempat dimana ion-ion OH dihasilkan oleh korosi reaksi katoda. Karena itu kebanyakan inhibitor korosi tipe ini terutama merupakan penghambat (inhibitor) katodik. Dalam beberapa hal, lapisan endapan lebih berpori dan kurang efektif dari pada lapisan oksida. Lapisan yang relatif berpori yang dibentuk oleh ortofosfat akan lebih kompak bila digabung dengan garam-garam bivalen yang membentuk suatu lapisan endapan dengan sifat yang berbeda.

## KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Penambahan inhibitor korosi secara manual menyebabkan kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder RSG-GAS berfluktuasi
2. Dengan mengetahui kandungan ortofosfat dalam air pendingin sekunder dapat digunakan sebagai kontrol dosis inhibitor korosi yang ditambahkan pada sistem pendingin sekunder

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, *Kurita Handbook of Water Treatment*, Cooling tower.
2. Anonymous HACH, *Standard Methods of Hach DR/2400*, Hach Company, USA 2002.
3. Anonimus, "Summary of Ondeo Nalco Program Cooling Water System", P2TRR Batan-Serpong, 2003.
4. <http://www.Innophos.com>, "Water Treatment, Phosphate Based Corrosion Inhibitors".
5. CHEREMISINOFF, N.PAUL, *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology*, Marcel Dekker Inc, New Jersey 1995.
6. DIYAH ERLINA LESTARI, *Kimia Air*, Pelatihan Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Pusat Reaktor Serba Guna Batan, Serpong 2007.
7. KEMMER, F.N, *The Nalco Water HandBook*, Mc.Grow Hill Book Company 1985.
8. TRETWEY KR AND CHAMBERLAIN J, "Korosi Untuk Mahasiswa Dan Rekayasawan", PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. , 1991
9. VERMON L SNOEYINK, DAVID JENKINS, John Willy&Sons.Inc, New York,1980